

柴达木盆地 白刺研究与开发

索有瑞 著



科学出版社
www.sciencep.com

柴达木盆地 白刺研究与开发

索有瑞 著

本书由青海省科学技术学术著作出版资金资助出版

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是我国第一部关于白刺植物资源研究与开发的专著,全书分为6篇24章,涉及柴达木盆地自然条件与野生白刺资源群落特点、利用原则和管护措施,白刺的分类概况、生理及生态学特性与栽培技术,白刺成分的系统研究,白刺的功能作用,白刺资源开发利用总体思路、技术途径、系列产品开发技术及生产工艺,柴达木盆地白刺产品开发实例等内容。

本书是作者对近十几年来从事柴达木盆地白刺研究与开发成果的系统总结,是一部理论与实践、科研与生产密切结合的专著,可读性强,使用性广,可供从事白刺、沙棘、枸杞等沙生植物和我国各地野生浆果研究开发的科研工作者、企业技术人员,以及植物学、农、林、园艺、轻工、医药与食品、生物化学、植物化学、食品科学、植物资源学等专业的本科生、研究生和教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

柴达木盆地白刺研究与开发/索有瑞著. —北京:科学出版社, 2010
ISBN 978-7-03-028244-6

I. ①柴… II. ①索… III. ①柴达木盆地-蒺藜科-研究 IV. ①Q949.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 129009 号

责任编辑:莫结胜 刘 晶 / 责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年9月第一次印刷 印张:38 3/4 插页:4

印数:1—1 200 字数:930 000

定价:148.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

柴达木盆地因干旱、高寒、缺氧、强风沙、强紫外线辐射、生态环境严酷、土地荒漠化严重，同时又拥有十分丰富的矿产资源和生物资源而闻名遐迩，成为世界范围内广受关注的一个重要自然区，众多的科学家一直致力于盆地成因、气候、矿产资源、水资源等的研究开发和荒漠化与沙化治理。柴达木盆地植被类型由于受上述严酷气候和自然条件的深刻影响，使该区的生态系统十分脆弱，植被盖度低，风沙对植被危害严重。因此，如何治理柴达木盆地的荒漠与沙漠化、保护特色生物资源、改善生态环境已经成为柴达木盆地，乃至我国西部的首要 and 长期任务，而《柴达木盆地白刺研究与开发》一书的研究内容及其论述就是一种非常有益的尝试。

白刺属植物极其耐干旱、抗风沙和耐盐碱，在柴达木盆地生态系统中发挥着非常重要的生态作用。针对柴达木盆地广泛分布的白刺属植物，索有瑞研究员本着通过深度开发利用白刺资源，达到保护和恢复柴达木盆地生态环境，将资源优势转化为产业与经济优势，使盆地农牧民在资源开发中受益的远大目标，设立了长期研究课题，领导课题组对此付出了十余年努力，在对柴达木盆地白刺资源分布区域及其种类调查的基础上，明确了白刺植物的生态与经济价值；开展了白刺各部位营养成分和功效成分分析，医疗保健功效试验，开发方案和技术路线的设计，果实、种子、枝叶等利用关键技术的攻关；依据白刺资源特点、各部位的组成成分、主要医疗与保健功能，与有关企业合作，使多项技术与产品实现了产业化，用先进的技术赋予白刺资源以高附加值，研制出了药品、保健食品、食品添加剂、发酵果酒、食用色素等特色鲜明的产品，取得了一系列研究成果，基本形成了白刺资源保护与利用的良性循环的格局。其研究成果的系统完整性和创新性，达到了国际先进水平，对我国西部特色生物资源的研究与开发产生了重大影响。

我有机会先睹这部集生态保护与生物资源利用为一体的著作，对该书留下了极为深刻的印象：内容丰富翔实，研究系统全面，理论联系实际，具有很强的实用性。希望该书能在柴达木盆地乃至我国北方地区白刺及其他浆果植物资源研究与开发方面发挥积极的科技引导及技术支撑作用。在该书即将出版之际，乐为之作序祝贺，相信随着白刺植物的深入研究与规模化利用，柴达木盆地的生态将会有显著的改善，白刺产地农牧民的收入将会有较大的提高。

中国工程院院士

2009年11月10日

前 言

柴达木盆地是中国西部的一个重要自然区，是青藏高原北部边缘的一个巨大山间盆地，是我国八大沙漠和四大沙地中海拔最高的沙漠地区，也是我国西部生态环境最为脆弱和荒漠化较为严重的地区，同时也是高寒地区沙漠化发生、发展的典型区域。柴达木盆地植被类型由于受极度干旱的气候和十分严酷的自然环境条件的深刻影响，表现为植被稀疏，生态系统极其脆弱，集中分布有大面积固定、半固定、流动沙丘以及戈壁，大风、干旱、风沙对植被危害严重，植被盖度 10%~30%。特殊的自然地理位置与气候条件，决定了柴达木盆地的植物区系组成、植被类型和生物资源等方面的一系列独特性，造就了盆地独有的、具有应用开发价值的自然资源。

柴达木盆地有以盐湖为主的化工资源、以石油天然气为主的能源资源、以铅锌为主的有色金属资源、以石棉为主的非金属矿产资源及以黄金为主的贵金属资源，其种类较多、储量较大、分布集中、品位高、开采容易、市场容量大、开发前景好。目前，柴达木盆地已成为青海省工业集聚区，被国家认定为“柴达木循环经济试验区”，“聚宝盆”中的财富为西部带来了经济的腾飞。

除了矿产资源外，柴达木盆地还有许多独特的生物资源，通过开发研究、合理利用，用先进的技术赋予这些特色生物资源以高附加值，使资源优势转化为产业与经济优势，使盆地农牧民在资源开发中受益，激发他们保护生物资源的积极性和管护与人工恢复生态的主动性，从而形成生物资源保护与利用的良性循环。在柴达木盆地众多的生物资源中，具有极大开发潜力、能带动农牧民脱贫致富、可通过开发促进生态保护且具有典型地域特色的植物资源当属白刺。

白刺属于蒺藜科白刺属的落叶灌木，是荒漠和半荒漠地区的建群植物。白刺全球分布有 12 个种，主要分布在北温带；中国有 7 个种，主要分布在北方干旱地区和盐碱化地区。柴达木盆地是白刺分布较广的地区之一，其优势种为唐古特白刺、西伯利亚白刺和大果白刺，这些白刺分布在湖盆沙地、盐渍化沙地、戈壁前缘及山前平原。每年秋季，白刺枝头挂满了营养丰富、保健作用独特的红、紫、黑色的白刺果实，十分诱人。据实地调查，目前柴达木盆地有产业化开发价值的天然白刺林 50 万~80 万亩^①，年产鲜果 5 万~10 万吨，如果对已经遭到破坏的 150 万亩左右的天然林加以保护和恢复，可使果实产量达到 20 万吨左右，其潜在的经济价值高达 20 亿~30 亿元！

在柴达木盆地，白刺发挥的重要作用有：①耐干旱贫瘠、耐盐碱、抗沙埋，是改善荒漠的先锋树种；②稳定沙源，是防治风沙向盆地东南移动的有效屏障；③改善与维持盆地抗逆物种的生物多样性；④改良盐碱地，为群落其他组成植物的生存与繁衍创造条件；⑤治理沙漠的优良植物，其种质资源具有巨大的市场潜力；⑥在大尺度区域环境中发挥着多重生态功能。

^① 1 亩≈666.7m²。

随着柴达木盆地的几度开发,土地资源被过度利用,在规模化开垦农田的同时也造成了大量灌丛植物的锐减,加剧了盆地生态环境的恶化。土地的荒漠化、沙化、盐碱化程度加剧,对青藏高原、我国西部和北方干旱区,甚至全球气候变化产生了较为深刻的影响。长期以来,人们对盆地白刺植物的生态保护和药用保健价值缺乏认识,以其枝干、根、茎作燃料,大量砍挖,有些农牧民砍白刺枝条扎成草地“网围栏”;外来人员还偷挖白刺的寄生植物锁阳,使大片白刺根系被破坏,受暴晒而干枯,严重破坏了天然固沙植被,导致原已固定或半固定的沙丘开始活化并向东南方向移动,盆地新增沙化面积9万亩,使柴达木盆地东南部在一段时期内成为沙漠化扩展速度最快的地区之一。

面对上述问题,作者领导的课题组以保护和恢复青藏高原生态环境为前提,以深度开发白刺资源为目的,通过解决资源利用的关键技术,支撑产业发展,使资源高值化利用;针对资源开发急需解决和影响产业发展的“瓶颈”问题进行有效攻关,使技术和产品转化为经济优势,促进特色生物资源的高效利用,促进产业升级,向科技要GDP;通过资源利用,有效调动广大农牧民保护和种植白刺的积极性,巩固退耕还林成果,促进三江源区、柴达木盆地及我国北方荒漠区的生态建设。通过十余年大量的基础和应用基础研究,作者明确了白刺资源利用途径和开发方向,攻克了白刺资源利用的共性关键技术;依据白刺资源特点、各部位的组成成分、主要医疗与保健功能,与有关企业合作,开展了白刺系列产品开发研究,研制出了药品、保健食品、食品添加剂、发酵果酒、食用色素等特色鲜明的产品,取得了一系列研究成果,大部分成果已经转化并实现了产业化,产生了较为显著的经济、社会与生态效益,使白刺植被的人为破坏现象得到了明显的遏制。

本书是我国第一部关于柴达木盆地白刺资源研究与开发的专著,绝大部分内容是作者多年来在柴达木盆地白刺研究与开发方面的研究成果,同时在白刺分类、生理生态、栽培等内容中引用了国内外的研究精华。作者希望通过总结柴达木盆地白刺资源的应用基础、利用技术和产品开发等系统的研究成果,对我国白刺属植物的研究与开发起到“抛砖引玉”的作用,对青藏高原特色生物资源及我国广大地区广泛分布的特色浆果资源的研究与开发起到示范推广作用,也对政府利用特色资源进行产业结构调整、企业家投资特色生物资源的开发起到决策依据作用,同时对广大科技工作者起到必要的启发和参考作用。

在研究工作中,王洪伦、丁晨旭、王凌云、高航、尤进茂、李玉林、李天才、周昌范、黄雅丽等做了大量实验工作;产品中试得到了相关企业及鲁长征、李刚等企业家的全力配合,使其成为一本理论与实践、科研与生产密切结合的专著;研究工作还得到了中国科学院知识创新工程重要方向项目、中国科学院“西部之光”人才培养计划项目、青海省重大科技专项、国家发展和改革委员会高技术产业化示范项目、财政部西部技术成果转化项目、科技部中小企业技术创新基金项目的支持,在此一并致谢!

尽管每个篇章都曾几度修改,但由于时间仓促,加之著者水平有限,文中疏漏和错误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正(E-mail:yrsuo@nwipb.cas.cn)。

中国科学院西北高原生物研究所研究员 索有瑞

2009年10月于西宁

目 录

序 前言

第一篇 概 述

第一章 柴达木盆地自然条件与白刺群落·····	2
第一节 柴达木盆地地理位置与行政区划·····	2
第二节 柴达木盆地自然地理及自然资源·····	2
第三节 柴达木盆地荒漠植被的退化与沙化 ·····	12
第四节 柴达木盆地的白刺群落及其生态特性 ·····	17
第五节 白刺的应用价值及开发利用的必要性和紧迫性 ·····	24
第二章 白刺研究现状与发展趋势 ·····	31
第一节 白刺属植物的分类 ·····	31
第二节 白刺生理生态学特性 ·····	33
第三节 白刺栽培技术 ·····	35
第四节 白刺果实化学成分与功能作用 ·····	37
第五节 白刺资源的价值与开发利用 ·····	40

第二篇 白刺的分类、生理及生态学特性与栽培

第三章 白刺的分类学特性 ·····	49
第一节 白刺属植物的分类学简史 ·····	49
第二节 白刺属植物的分类学研究 ·····	50
第三节 白刺属植物分类学上的争议 ·····	54
第四节 白刺的分类特性 ·····	55
第五节 中国白刺属植物各种的考证及各类群特征简述 ·····	59
第四章 白刺的生理学特性 ·····	64
第一节 光合作用 ·····	64
第二节 蒸腾作用 ·····	67
第三节 白刺的胚胎学研究 ·····	68
第四节 抗性生理 ·····	77
第五章 白刺的生态学特性 ·····	82
第一节 白刺属植物的地理分布 ·····	82
第二节 白刺属植物的生态特性 ·····	92
第三节 白刺属植物的群落结构、演替和生物量 ·····	93

第六章 白刺属植物的栽培	116
第一节 荒漠化地区种植白刺的特殊意义.....	116
第二节 白刺的生长特性、生长条件与抗逆性.....	122
第三节 优良种质资源的选育与引种.....	130
第四节 白刺的繁种育苗.....	136
第五节 白刺的栽培管理.....	142

第三篇 白刺成分研究

第七章 白刺果实营养成分分析与评价	150
第一节 白刺果实样品.....	150
第二节 白刺果实常规成分分析.....	153
第三节 白刺果实维生素分析.....	161
第四节 白刺果实氨基酸分析.....	168
第五节 白刺果实矿物质元素分析.....	180
第六节 白刺果实生物活性成分分析.....	191
第八章 白刺种子成分研究	203
第一节 白刺种子油脂的提取.....	203
第二节 白刺种子油常规理化指标分析.....	204
第三节 白刺种子油成分分析.....	216
第四节 白刺种子化学成分的提取、分离与鉴定.....	240
第五节 毛细管电泳法分析唐古特白刺种子中两种生物碱.....	244
第九章 白刺枝叶成分研究	248
第一节 白刺枝叶样品.....	248
第二节 白刺枝叶营养成分分析.....	249
第三节 柴达木盆地白刺叶中微量元素特征及主成分分析.....	255
第四节 柴达木盆地白刺和枸杞根茎微量元素对比.....	259
第五节 甘肃三种白刺属植物叶片元素分析.....	260
第六节 白刺叶黄酮类及酚酸类成分分离与鉴定.....	264

第四篇 白刺的医药保健功能与作用

第十章 白刺果实的主要功能与作用	269
第一节 白刺果实的急性毒性试验.....	269
第二节 白刺果实的降血脂作用.....	270
第三节 白刺果实的降血糖作用.....	277
第四节 白刺果实的调节免疫作用.....	282
第五节 白刺果实的抗疲劳、耐寒冷与抗缺氧作用.....	286
第六节 白刺果实的延缓衰老作用.....	290

第十一章 白刺种子油的保健功能..... 297

第一节 白刺种子油的食用安全性..... 297

第二节 白刺种子油的抗疲劳作用..... 298

第三节 白刺种子油的耐缺氧作用..... 301

第四节 白刺种子油的保护化学性肝损伤作用..... 303

第五节 白刺种子油的降血脂作用..... 305

第十二章 白刺有效成分提取物的功能作用..... 308

第一节 白刺色素的功能作用..... 308

第二节 白刺多糖的功能作用..... 323

第三节 白刺总黄酮的功能作用..... 334

第四节 白刺生物碱的功能作用..... 337

第五篇 白刺资源开发利用

第十三章 白刺资源的经济价值与开发前景..... 347

第一节 白刺资源的经济价值..... 347

第二节 白刺资源利用前景与开发途径..... 353

第三节 白刺资源利用需重视的关键问题..... 360

第四节 白刺果实产品开发方向..... 368

第十四章 白刺果实采集加工与特色产品开发..... 377

第一节 白刺果实的采收与前处理..... 377

第二节 白刺果汁的加工工艺..... 383

第三节 功能性白刺果汁复合饮料的开发..... 388

第四节 白刺含酒精饮品的开发..... 398

第五节 白刺特色风味食品的开发..... 411

第十五章 白刺种子的开发利用..... 419

第一节 白刺种子开发的重要性、特征及来源与处理..... 419

第二节 白刺种子作为种质资源开发..... 421

第三节 白刺种子油提取工艺..... 423

第四节 白刺种子油地方标准的制定..... 434

第五节 白刺种子油保健食品的开发..... 440

第六节 白刺种子油化妆品的开发..... 448

第七节 白刺籽粕的综合利用..... 454

第十六章 白刺活性成分提取及资源综合利用..... 470

第一节 白刺色素的提取工艺..... 470

第二节 白刺果实多糖的提取工艺..... 494

第三节 白刺种子中黄酮类化合物的提取工艺..... 498

第四节 白刺种子中尿囊素的提取工艺..... 502

第六篇 白刺产品开发实例

第十七章 高活性白刺果粉	507
第一节 产品开发意义及用途	507
第二节 生产工艺与产品质量标准	507
第三节 产品稳定性试验	511
第四节 主要营养成分氨基酸的分析与评价	513
第五节 主要保健功能和食用安全性试验	519
第十八章 白刺种子油	524
第一节 产品开发意义及用途	524
第二节 生产工艺与产品质量标准	524
第三节 白刺种子油稳定性及保存技术	526
第十九章 红珍珠降糖胶囊	528
第一节 产品简介	528
第二节 产品配方及依据	528
第三节 生产工艺与产品质量标准	528
第四节 安全性毒理学评价与稳定性试验	530
第五节 保健功能试验	531
第六节 人体临床观察试验	535
第二十章 红珍珠血脂康胶囊	537
第一节 产品简介	537
第二节 产品配方与配方依据	537
第三节 生产工艺与产品质量标准	537
第四节 安全性毒理学评价与稳定性试验	539
第五节 保健功效学试验	540
第六节 人体临床观察试验	542
第七节 营养成分分析与评价	544
第二十一章 活力源软胶囊	548
第一节 产品简介	548
第二节 产品配方与配方依据	548
第三节 生产工艺与产品质量标准	549
第四节 安全性毒理学评价与稳定性试验	550
第五节 功效学试验	552
第二十二章 肝舒康软胶囊	558
第一节 产品简介	558
第二节 产品配方与说明	558
第三节 生产工艺与产品质量标准	559
第四节 安全性毒理学评价与稳定性试验	560

第五节

保健功能试验

561

第二十三章

康源软胶囊

566

第一节

产品简介

566

第二节

产品配方与依据

566

第三节

生产工艺与产品质量标准

569

第四节

安全性毒理学评价与稳定性试验

572

第五节

产品功效学研究

578

第六节

产品功效成分研究

586

第七节

人体试用效果观察

589

第二十四章

白刺果酒

596

第一节

产品开发意义及其效益

596

第二节

生产工艺与产品质量标准

597

第三节

产品稳定性试验

600

第四节

白刺果酒氨基酸含量与除盐效果

601

主要参考文献

603

彩图

作者简介

第一篇 概述

本篇提要 位于祖国西部的柴达木盆地，是中国西部的一个重要自然区，也是青海省的重要地理单元，所占的面积占青海省面积的 1/3，是我国四大盆地之一。柴达木盆地自然条件严酷，生态环境恶化，土地荒漠化、沙化、盐碱化面积逐年扩大，对青藏高原、我国西部，甚至全球气候变化产生了较为深刻的影响。随着柴达木盆地的几度开发，土地资源被过度利用，而在规模化开垦农田的同时，也造成了大量灌丛植物的锐减，加剧了盆地生态环境的恶化。在盆地广袤的戈壁、沙漠绿洲边缘、盐碱滩地、青藏公路和铁路沿线均大量分布以唐古特白刺为主的白刺群落，每年秋季白刺枝头挂满了营养丰富、保健作用独特的红色、紫色和黑色的白刺果实，十分诱人。但由于基础研究工作薄弱，丰富的白刺资源未得到规模化开发利用，人为破坏现象严重。本篇通过对柴达木盆地独特地理单元自然条件、植被特点、白刺属植物分类与分布，以及白刺的生态环境、生态学功能、开发价值等方面的论述，强调对柴达木盆地生态环境的保护和对白刺植物开展系统研究及开发利用的重要意义、必要性和紧迫性。

第一章 柴达木盆地自然条件与白刺群落

第一节 柴达木盆地地理位置与行政区划

一、地理位置

柴达木盆地是中国西部的一个重要自然区，是青藏高原北部边缘的一个巨大山间盆地，地处青海省的西北部；位于北纬 $35^{\circ}00'$ ~ $39^{\circ}20'$ 、东经 $90^{\circ}16'$ ~ $99^{\circ}16'$ 之间，流域总面积 27.5 万平方公里。盆地形状西阔东狭，类似于一个不等边三角形，东西长约 800km，南北宽约 300km。若以山脊分水岭为界，其中四周山区面积 15.08 万平方公里，底部盆地平原面积 12.42 万平方公里，盆地面积约占青海省总面积的 $1/3$ ，为中国四大盆地之一。

柴达木盆地为一封闭的内陆盆地，其西北为阿尔金山、东北为祁连山、南面为昆仑山所环绕，东部与青海省海南藏族自治州相接，南部与青海省果洛藏族自治州及玉树藏族自治州分界，西部与新疆维吾尔自治区巴音郭勒蒙古族自治州接壤，北部与甘肃省酒泉地区相连。

柴达木盆地是我国八大沙漠和四大沙地分布中海拔最高的沙漠地区，也是我国西部生态环境最为脆弱和荒漠化较为严重的地区，同时还是高寒地区沙漠化发生、发展的典型区域。

二、行政区划

柴达木盆地在行政区划上大部分隶属青海省，在青海省的面积约为 25.78 万平方公里，西部还有少部分（1.73 万平方公里）归新疆维吾尔自治区巴音郭勒蒙古族自治州若羌县管辖。

青海省所属部分，除南部 0.32 万平方公里归果洛藏族自治州玛多县、0.45 万平方公里归玉树藏族自治州治多县和 0.098 万平方公里归曲麻莱县外，其余 24.91 万平方公里隶属海西蒙古族藏族自治州（海西州），占柴达木盆地总面积的 90.58%。归属于海西州的柴达木盆地部分，包括格尔木市（不含唐古拉山乡）、德令哈市（不含哈拉湖流域）、都兰县、乌兰县（不含茶卡盆地）、茫崖行政委员会、冷湖镇和大柴旦镇。

第二节 柴达木盆地自然地理及自然资源

一、地形地貌

如上所述，柴达木盆地由自然封闭的盆地和周围的山地组成，盆地周围的山地在地质、地形上属于青藏高原的一部分，海拔大都为 4000~5000m，因高峻而宽厚的山体在地形上实现了对盆地的完全封闭，所以其气候明显受盆地影响。若以盆地四周山地的山

麓线平均海拔 3350m 为界，位于中间的柴达木盆地海拔为 2675~3350m，面积达 12 万平方公里，盆地呈西北高、东南低地形，除阿尔金山外，各大山脉和山间谷地或盆地均呈北西西—南东东走向。盆地平均海拔高度约 3000m，比蒙古高原平均海拔高 1500~2000m，比西藏高原平均海拔低 1500~2000m，处在温带荒漠与西藏羌塘高原高寒荒漠的过渡地带。柴达木盆地自然封闭的独特自然地理位置，决定了它的植物区系组成和植被类型的特征，并进而决定了它在自然区划上的位置和生产实践方面的特点。

柴达木盆地自中生代晚期开始形成，随着青藏高原的大规模隆起，盆地的绝对高度增加，但在强大的地壳挤压下迫使柴达木地块整体急剧断陷下沉，最终形成了现在的盆地地貌。中生代之前柴达木地区被海水淹没，在第三纪和第四纪时期这一地区为一巨大的湖泊。随着气候的逐渐干旱，湖泊面积不断缩小和解体，现代盆地的绝大多数小型湖泊就是古柴达木湖泊的残余部分。

柴达木盆地显著的地貌是在内陆干燥盆地的背景下逐步发育形成的，表现在地貌的荒漠化特征十分明显。地表基岩遭受强烈的冷冻风化和机械风化，不断产生砂和粉砂物质，在流水的作用下将砂粒和沙石砾带入盆地，其周围的山体也呈现出较为严重的干燥剥蚀地貌。风力作用使结构松散且富含沙质的岩石和沉积物严重剥蚀，形成了形态各异的风蚀残丘和风积沙丘。水的冲刷与堆积作用塑造了盆地内形形色色的地貌。

水力作用使盆地内绝大部分洪积扇和洪积倾斜平原分布于盆地边缘地区，自山麓向盆地内部稍缓倾斜。其中盆地南缘和北缘的洪积扇规模较大，而南缘的洪积倾斜平原最大，平均宽度达到 25km，沿昆仑山麓绵延数百公里，波状起伏，富含沙质。湖积平原多分布于盆地相对低洼的地区，平坦且富含颗粒较细的沙质，这些地区地下水位较浅，土壤盐渍化和沼泽化现象非常普遍。

风力作用形成的风蚀地貌主要分布于盆地的西部和西北部，由于受主导风向西北风的吹蚀，裸露出的第三纪湖相地层形成了多种风蚀残丘及槽状低地。这种风蚀地貌分布于盆地的各处，规模相对较小。

二、气 候

(一) 气候特征

由于柴达木盆地地处高寒，因而具有典型高寒大陆性荒漠气候特征，主要表现为气候寒冷、干燥、强日照和太阳辐射，以及多风的特征。由于盆地地域辽阔，地形复杂，生态类型较多，一般将柴达木盆地分为盆地干旱荒漠区和盆地周围山地高寒区两个气候区，它们的气候差异显著。

1. 盆地干旱荒漠区

由于盆地干旱荒漠区四周被高山所包围，西南暖湿气流难以进入盆地腹地，导致盆地降水稀少。多年统计资料显示，盆地东部年降水量 200mm 左右，年蒸发量 2000mm，相对湿度 40% 左右；盆地西部年降水量不到 50mm，因而气候极为干燥，相对湿度低，大气中水汽含量少。盆地各地年平均日照时数一般都在 3000h，日照百分率达 80%，各地全年太阳总辐射量大于 680kJ/cm²，冷湖则高达 741kJ/cm²，盆地年平均气温都在 1℃ 以上，盆地中部察尔汗达 5.2℃，各地无霜期只有 87~131d。总体特征是年日照时

间长，气温相对较高，太阳辐射强，无霜期较短。

2. 盆地周围山地高寒区

由于盆地四周的地势快速升高，大部分山地海拔都比较高，一般海拔为 3560～6860m，表现为气候寒冷，年平均气温在 0℃ 以下的时间长达 6 个月以上，最暖月 7 月的平均气温为 5.6～10.4℃。因海拔较高，空气干燥稀薄，日照时间较长，太阳辐射较强，除山谷地带外，年日照时数均在 2700h 以上，年太阳辐射量达 600kJ/cm² 以上。

(二) 主要气候要素

1. 气温

柴达木盆地有独特的地理位置和地形地貌，加之地域辽阔，因而气温受地形和纬度的影响明显，表现出盆地南部高于北部，盆中高于四周。表 1-1 列出了柴达木盆地主要地区月平均气温、年平均气温和年较差情况。其中最低气温出现在 1 月，该月盆地的平均气温为 -9.8～-13.9℃，四周山地为 -14.7～-17.2℃；最高气温出现在 7 月，该月盆地平均气温为 13.6～19.2℃，四周山地为 5.6～10.4℃；盆地气温年较差为 25.2～30.0℃；周围山区平均年较差 22.8～25.1℃。

表 1-1 柴达木盆地主要地区月均气温、年均气温和年较差情况 (单位:℃)

月份 地点	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年均 气温	年较 差
阿拉尔	-16.1	-10.3	-3.4	3.6	8.6	12.7	15.5	14.3	8.8	0.4	-8.1	-14.9	0.9	31.6
冷湖	-2.9	-9.1	-2.6	4.1	10.2	14.5	17.1	16.3	10.3	2.1	-6.4	-11.7	2.7	30.0
茫崖	-12.3	-8.9	-2.8	3.1	7.9	11.3	13.5	13.3	8.0	1.4	-6.2	-11.2	1.4	25.8
花土沟	-11.0	-6.8	-0.9	4.2	9.7	13.5	16.2	15.3	10.9	3.5	-4.2	-9.1	3.5	27.2
德令哈	-10.9	-6.7	-0.9	5.2	10.5	13.8	15.1	16.0	10.8	4.1	-4.0	-9.3	3.7	27.0
乌兰	-11.0	-6.8	-0.9	4.4	9.8	12.9	15.4	15.0	10.0	4.0	-4.1	-9.5	3.3	26.4
乌图美仁	-12.4	-8.8	-2.4	4.2	9.6	13.6	15.7	14.7	9.3	1.6	-6.1	-11.5	2.3	28.1
小灶火	-11.7	-7.2	-1.1	5.3	11.0	15.0	17.0	16.3	10.8	3.1	-5.5	-10.9	3.5	28.7
察尔汗	-10.2	-6.1	0.2	6.5	12.5	16.6	19.2	18.5	12.7	5.0	-3.8	-9.3	5.2	29.4
格尔木	-10.4	-6.3	0.0	6.4	11.6	15.3	17.7	16.8	11.5	4.1	-4.1	-9.4	4.4	28.1
诺木洪	-10.1	-5.9	0.4	6.6	11.7	14.9	17.2	16.3	11.4	4.3	-3.9	-9.1	4.5	27.3
都兰	-10.3	-7.2	-1.4	4.1	8.9	12.1	14.9	14.1	9.2	2.7	-4.7	-8.9	2.8	25.2
香日德	-9.8	-6.1	0.0	5.9	10.6	13.5	15.9	15.0	10.2	3.7	-3.9	-8.4	3.9	25.7

2. 日照

日照时间长、太阳辐射强是柴达木盆地最为突出的气候因素之一。盆地内年平均日照时数普遍在 3100h 以上，盆地西部达 3200～3500h，其中，冷湖达 3538h；周围山地日照时数 2900～3000h。5 月是盆地和周围山区日照时数最长的月份，12 月至翌年 1 月是日照时数最短的月份。盆地日照百分率大部分地区在 70% 以上，只有乌兰、香日德等少数地区因树木遮挡稍有减少，而冷湖地区高达 80%；周围山地日照百分率为 66%～68%。盆地内部的太阳总辐射量 700kJ/cm²，周围山地太阳总辐射量 629～672kJ/cm²。太阳总辐射量 6 月前后最大，12 月最小。柴达木盆地各观测站日照时数与日照百分率及盆地各月及年总辐射量见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 柴达木盆地各观测站日照时数与日照百分率

(单位: h)

月份 地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	年均百分 率(%)
冷湖	245.8	245.3	291.9	305.2	337.1	333.3	331.9	332.3	305.6	302.8	256.4	239.7	3532.3	80
茫崖	235.9	227.7	276.2	291.9	317.3	307.0	308.4	316.0	294.7	295.4	249.7	232.1	3352.1	75
大柴旦	231.6	223.3	268.3	283.4	305.9	292.4	296.4	297.8	274.3	282.8	242.6	228.2	3226.9	73
德令哈	235.0	225.8	261.4	276.9	286.9	268.1	277.3	288.9	260.2	275.5	250.5	234.0	3140.5	72
乌兰	231.0	209.1	238.9	256.4	265.7	249.1	267.8	287.3	249.3	265.1	240.7	220.9	2981.3	69
乌图美仁	235.3	220.4	268.5	283.8	305.3	299.7	286.7	289.6	271.0	288.0	256.7	243.2	3248.2	73
察尔汗	230.2	217.9	260.9	280.1	302.3	282.3	289.3	293.9	263.7	279.5	248.8	299.0	3178.5	71
格尔木	219.5	209.7	251.5	271.7	291.9	276.8	279.7	284.2	257.0	278.2	245.4	227.0	3092.6	70
诺木洪	233.9	222.8	270.7	288.9	307.9	292.5	297.5	291.5	260.9	281.1	253.0	233.1	3232.6	73
香日德	226.0	210.2	240.8	259.3	270.9	257.4	260.5	264.9	236.0	259.7	245.3	299.4	2960.4 ^k	67

表 1-3 柴达木盆地各月及年总辐射量

(单位: kJ/cm^2)

月份 地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年总 辐射量
茫崖	36.0	41.9	59.5	70.3	82.5	79.5	79.1	76.2	63.6	54.4	38.5	31.8	714.3
冷湖	36.8	44.0	62.4	74.7	86.2	83.3	83.7	79.1	65.7	55.3	38.9	32.7	741.1
大柴旦	36.0	42.3	59.9	72.0	82.5	79.1	79.1	74.9	62.0	53.6	38.5	33.1	713.4
乌图美仁	37.7	42.7	60.3	71.2	81.2	78.7	77.0	74.1	62.4	55.3	40.6	34.8	715.9
察尔汗	36.4	42.3	59.0	70.3	80.4	77.5	77.0	74.5	61.5	54.0	40.2	33.9	707.9
格尔木	36.0	41.0	58.0	69.1	79.1	77.0	76.2	72.9	60.7	54.0	40.2	34.3	698.8
诺木洪	38.5	43.5	61.1	73.3	82.1	79.1	79.5	74.1	62.4	54.8	41.1	35.2	724.7
香日德	37.7	42.3	57.4	67.8	76.6	75.8	74.5	70.3	59.0	51.9	40.6	35.2	688.3
都兰	38.5	43.1	59.5	71.2	79.5	77.0	75.8	72.9	60.7	83.2	40.6	35.2	706.7

3. 风

柴达木盆地年平均风速因受地势的影响而有较大的不同。在盆地, 风速一般为 $3\sim 4\text{m/s}$, 其中茫崖风速较大, 可达到 5m/s 。盆地周围山地风速明显比盆地大, 年平均风速在 4m/s 以上。盆地以 $3\sim 5$ 月风速最大, 11月至翌年1月最小; 而周围山地则 $2\sim 4$ 月最大, $8\sim 9$ 月最小。盛行风向各地也有明显的不同, 其中茫崖为西北风, 德令哈、冷湖为东北风, 香日德、都兰为东南风, 其他地区为西风。盆地8级以上大风天气因地势原因各地差异很大, 全年在 $18\sim 137\text{d}$ 之间, 一般大风发生在 $3\sim 5$ 月, 此间月平均大风日数为 $10\sim 15\text{d}$ 。

4. 气压、空气含氧量、水沸点温度

一般而言, 大气压强、空气密度、空气含氧量和水沸点温度均随海拔的升高而降低。柴达木盆地海拔 $2675\sim 6860\text{m}$, 高程差异较大, 所以这些指标在各地差异较大。其中海拔 2600m 、 3000m 、 4000m 、 5000m 时的气压分别为 74.3kPa 、 70.7kPa 、 62.4kPa 、 54.9kPa , 空气密度分别为 $0.930\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.892\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.802\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.719\text{kg}/\text{m}^3$, 其空气含氧量分别为 $0.215\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.206\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.186\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.160\text{kg}/\text{m}^3$, 随海拔升高而大大降低。柴达木盆地水沸点温度为 $89\sim 90^\circ\text{C}$, 海拔 4600m 的地区则为 85°C 。

5. 降水与蒸发

柴达木盆地年降水量稀少, 而蒸发量很大, 是我国最为干旱的盆地。盆地年平均降水量约 90mm , 由东向西降水量递减。以德令哈和香日德为界, 其东部降水量大于 150mm , 如都兰和德令哈约为 176mm ; 向西迅速降为 100mm 以下, 如诺木洪和格尔木只有 40mm , 而乌图美仁为 23mm , 冷湖 18mm , 有些地区几乎全年无降水。

然而, 柴达木盆地年平均蒸发量 2525mm , 其中冷湖地区高达 3278mm , 为其降水量的 184 倍; 东部和南部的年平均蒸发量为 $2000\sim 2500\text{mm}$, 中心地区超过 3600mm , 西部在 3000mm 以上。通常蒸发量是降水量的 100 倍左右, 所以整个柴达木盆地气候极度干燥。

三、土壤类型

根据国家土地分类的原则、规定及土壤分类依据, 将柴达木盆地土壤划分为 15 个